

**通勤の疲労コストと
最適混雑料金の測定**

八田 達夫
山鹿 久木

1999 年 7 月

大阪大学
社会経済研究所
〒567-0047 茨木市美穂ヶ丘6-1

通勤の疲労コストと最適混雑料金の測定

八田 達夫

大阪大学社会経済研究所

山鹿 久木

大阪大学大学院経済学研究科

本稿では、ＪＲ中央線沿線の家賃データを基に、東京駅までの通勤時間と通勤時混雑率を説明変数とする家賃関数を推定し、それを用いて２つの分析を行う．

第１に、通勤における総費用、時間費用、疲労費用を、等価変分概念を用いて求める．その結果、通勤の総費用に占める疲労費用の割合は１６％～３３％で、残りが時間費用であることを示す．

第２に、追加的な通勤者によってもたらされる混雑悪化の外部不経済を、混雑率増大の限界費用をもとに算出する．さらにそれに基づいて、ＪＲ中央線の通勤混雑ピーク時に課すべき最適混雑料金を各通勤区間ごとに求める．混雑料金は、通勤区間ごとに異なるが、分析の結果、現行の定期運賃に比べてほぼ１．１倍～４．７倍に設定する必要があることが示される．

１．はじめに

この論文の目的は２つある．第１に通勤の時間費用と混雑^{１)}の疲労費用を等価変分概念を用いて求める．第２に、混雑から生じる外部不経済効果を、疲労費用関数を使って導出し、最適混雑料金を計測する．

第１の混雑による疲労費用の測定に関しては、いくつかの先行業績がある．福地(1976)は混雑による疲労費用を、混雑に伴って必要とされるカロリー費用で計測した．つまり「混雑による異常カロリー消費量」というものを、カロリーの混雑時消費量と平常時消費量との差で定義して、これを金銭換算する．そしてこれを全ての通勤者について合計したものを通勤混雑費用としている．ここで１日の労働に必要なカロリー量を事務作業を行った場合のカロリー量を用いて時間換算、さらにそれを賃金率によって金銭換算している．家田 他(1988,1989)は通勤鉄道の利用者が混雑を回避するためにどのような行動をとっているかを実際に観測し、その回避のた

めに実際に費やした通勤時間の延着時間を賃金によって金銭換算し、これを疲労の費用とした。しかし、実際には通勤と労働では時間価値が異なる。さらに通勤の時間価値は、通勤距離（時間距離）自体からも影響を受ける。以上の先行業績では、このことが金銭換算の際に考慮されていない。

第2の混雑料金の測定には、八田(1995)および山崎・浅田(1999)の二つの先行業績がある。1人の乗客が混雑した列車に乗車した時に他の乗客の疲労を増大させる外部不経済効果に等しい料金を設定することで最適な混雑率を得られる。このときの料金 すなわち外部不経済効果の金銭換算 を最適混雑料金という。最適混雑料金を算出するには、1人の乗客が他の乗客に及ぼす外部不経済の費用を計測する必要がある。そのためにはまず、混雑による疲労の費用を混雑度の関数として表す必要がある。

日本では、通勤に関する金銭的費用が支給されているにもかかわらず、都心から離れるにしたがって地価・家賃が下がっている。これは、通勤に要する時間及び混雑による疲労という非金銭的な費用が地価・家賃に反映されているからである。Hatta and Ohkawara(1994)は、このことに着目し、中央線沿線の地価関数を時間を変数として推定し、そのパラメータを用いて疲労費用込みの通勤時間費用を測定した。八田(1995)は、効用関数に混雑度が入る理論モデルを用いて、この測定値をさらに、時間と疲労の費用に分離した。ただしその際、外生的な仮定を用いている。

最近、山崎・浅田(1999)は、各通勤鉄道ごとの混雑度のデータを利用し、各線沿線の家賃を、通勤時間と混雑度を変数とする家賃関数を推定し、そのパラメータを用いて混雑の金銭価値を求めた。ただしこの論文の理論モデルでは、通勤混雑から発生する疲労を金銭的に換算したものが直接予算制約に入っており、効用関数の中には混雑度が入っていない。このため、測定された混雑疲労費用を効用関数のパラメータと関連付けることができない。さらに混雑疲労費用の等価変分を計測することもできない。

本稿では、山崎・浅田(1999)と同様に、混雑度データを直接用いて、混雑度と通勤時間を変数とする家賃関数を推定し、この推定値をもとに疲労費用の等価変分と混雑料金とを測定する。ただし推定する家賃関数の関数型は、混雑度が直接効用関数に入る八田(1995)のモデルから導かれている。このため家賃関数のパラメータから効用関数自体のパラメータが推定できる。本稿では、こうして推定された効用関数のパラメータを用いて疲労費用の等価変分を求め、混雑料金を測定する。

山崎・浅田(1999)では、各線ごとにひとつの混雑料金のみが算出されているが、本稿では中央線の各区間毎に異なる混雑料金を算出している。混雑率は、駅区間毎にかなりの開きがあるし、始発から乗っている人は、その間中ずっと他の乗客に迷惑をかけつづけていることになる。これによって生じる出発駅ごとの混雑外部不経済効果の違いを反映した混雑料金が測定されることになる。

以下、論文の構成は次のとおりである。まず、節2で混雑率の関数である疲労度を表す関数を含んだ効用関数の説明を行い、通勤の混雑による疲労を時間に換算したモデルを提示する。節3では、節2で与えられた効用関数のもと、家計が効用最大化問題を行った結果導出できる単位家賃関数を具体的に計算する。節4ではデータの特性と混雑率の定義を示し、節5では家賃関数を推定し、節6でこの推定された家賃関数のパラメータを使って、通勤の総費用、時間費用、疲労費用を等価変分概念を用いて具体的な金額で計算する。また節7では、混雑率増大の限界的な疲労費用を限界代替率を用いて計算する。節8では、この節7で求められた限界的な疲労費用を応用し、通勤者の外部不経済効果を測定する方法を提示し、それに基づいて最適な通勤料金を各駅ごとに示す。ここで区間によって現行の通勤定期運賃に対して異なる倍率の最適な混雑料金が明示される。そして最後に結論が述べられる。

2. モデル

郊外から都心へ延びている鉄道を考える。すべての通勤者は、都心で雇用されており、この鉄道の沿線に居住しているとする。すなわち、通勤者は、最寄駅から鉄道を利用し、都心へ通勤して所得を得、家計が予算制約にしたがって効用を最大化する。

この通勤者の効用関数を、

$$u(h, z, l) = h^\beta z^{1-\beta} l^\alpha \quad (1)$$

とする。 h は住宅の床面積、 z は住宅以外の合成財、 l は余暇時間である。余暇時間 l は、余暇の初期保有時間 δ から通勤時間 x を引いたものであるとする²⁾。都心から通勤時間距離 x の地点に住む住民が直面している時間制約式は、

$$l = \delta - x \quad (2)$$

である。労働時間は固定されているとすると、 δ は1日に利用可能な総時間から、労働時間と睡眠や食事などの生活維持に最低限必要な時間を差し引いた時間で、す

すべての住民が共通の一定時間を持つとする． l を(2)式でおきかえると、(1)式の効用関数 u は、

$$U(h, z, x) = h^\beta z^{1-\beta} (\delta - x)^\alpha \quad (3)$$

となる．

さて、この効用関数では、混雑による疲労が効用に与える効果が明示されていない．これを明示するために、混雑による疲労から回復に要する時間を(2)式の右辺からさらに差し引くと、余暇時間は次のようにかかる．

$$l = \delta - (x + a) \quad (4)$$

ここで、 a は疲労調整時間である．混雑した電車に乗ると疲労回復に a 分休憩が必要であるとする．この場合 a は正である．しかしすいた電車に座って乗れ居眠りや新聞や小説を読んだりできる場合には、通勤時間は勤務時間に比べて負担が軽いいため a の値は負になる．

$x + a$ を「調整済通勤時間」と呼ぶと、通勤時間が x で通勤混雑率が k のときの調整済通勤時間は、関数 $m(k) \cdot x$ で表すことができる³⁾．すなわち、

$$a + x = m(k) \cdot x \quad (5)$$

である． $m(k)$ の値を疲労乗数と呼ぶ． $(m(k)-1) \cdot x$ に当たる時間は、 $m(k)$ が 1 より大きいとすれば、この疲労を回復するのに必要な休憩時間である．反対に $m(k)$ が 1 より小さければ、それは混雑率が低いためにリラックスすることによって得られる疲労回復時間である． $m(k)$ 関数の形状の例としては図 1 のようであると想定する．いくらすいている車両であっても、 $m(k) \cdot x$ の値が限りなくゼロの値に近づくということとはありえない．グラフでは、混雑率 k が低い時には、 m_0 で水平になっている．すなわち全員がシートにゆったりと座ったまま通勤した状態の疲労乗数は m_0 である．ただし混雑率が k_0 以上になると $m(k)$ 曲線は右上がりになる．

(4)、(5)式を(1)式に代入することによって次を得る．

$$U(h, z, x, k) = h^\beta z^{1-\beta} (\delta - m(k)x)^\alpha \quad (6)$$

このような効用関数のもとで家計は予算制約式にしたがって効用を最大化するわけである．その家計の効用最大化問題を解くことにより以下で示すような家賃関数が導出できる．

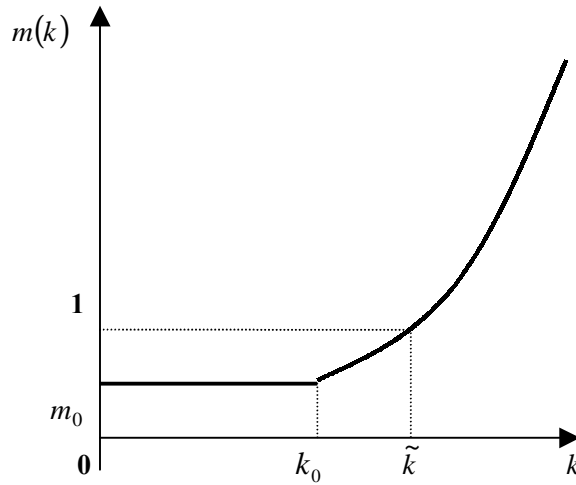


図 1 $m(k)$ 関数の形状

3. 家賃関数の導出

東京の通勤者は通勤の金銭的費用を支給され、自ら支払っていない．このため、東京の都心から離れるにつれて家賃が下がっているのは、都心から離れるにつれて通勤の時間と疲労費用が増大するためである．したがって、家賃関数を推定することにより通勤者の効用関数と $m(k)$ 関数のパラメータを明らかにすることができるはずである．以下では家賃関数を導出しよう．

都心からの時間距離 x の地点に住む家計は、効用を予算制約式、

$$r(x)h + z = Y \quad (7)$$

のもとで最大化する．ただし $r(x)$ は x 地点でのレントで、 Y は所得である．合成財の価格はこのシステムのニューメーラであり、1 に等しいとする．家計の効用最大化問題は、 $Y, x, r(x)$ を所与として z, h を選択することにより、(7) 式の予算制約のもとで、(6) 式の効用を最大化することである．すなわち、

$$\begin{aligned} \max_{h, z} & U(h, z, x, k) \\ \text{s.t.} & r(x)h + z = Y \end{aligned}$$

によって与えられる．

予算制約のもとで家計が達成する最大効用レベルを、間接効用関数 $v(r(x), Y, x, k)$ とする．都市外での効用水準を \bar{v} とし、この都市内の住民は都市外へ居住の移動が自由であるとする、都心からの距離にかかわらず効用水準は \bar{v} で一定となる．立地均衡で、 $r(x), Y, x, k$ は、

$$v(r(x), Y, x, k) = \bar{v} \quad (8)$$

を満たさなければならない．(8) 式を $r(x)$ について解くと、

$$r(x) = r^*(Y, x, k, \bar{v}) \quad (9)$$

となる．この関数 r^* が時間距離 x における住宅サービスに対する需要価格方程式である．これが家賃関数である⁴⁾．

さて、(6)式のように効用関数は特定化されているので、(9)式で定義される家賃関数を次のように具体的に計算することができ、

$$r^*(Y, x, k, \bar{v}) = \beta(1-\beta)^{\frac{1-\beta}{\beta}} Y^{\frac{1}{\beta}} [\delta - m(k)x]^{\frac{\alpha}{\beta}} \cdot \bar{v}^{-\frac{1}{\beta}}$$

となる．また、所得 Y と効用水準 \bar{v} が一定であることを考慮して、上式の定数項をまとめて、

$$r^*(x, k) = C [\delta - m(k)x]^{\frac{\alpha}{\beta}} \quad (10)$$

とできる．ただし、 $C \equiv \beta(1-\beta)^{\frac{1-\beta}{\beta}} Y^{\frac{1}{\beta}} \bar{v}^{-\frac{1}{\beta}}$ である．

次に疲労乗数関数 $m(k)$ を特定化しよう．この関数は図1で示したような形状をしているが、データとして得られる混雑率は、 $k=1$ よりはるかに大きいため、右上がりの部分を近似した関数形を使う． $m(k)$ 関数は増加関数であるので、これを満たすものとして、べき乗関数、

$$m(k) = \lambda \cdot k^{\sigma} \quad (11)$$

を採用する⁵⁾．パラメータ λ は、混雑率が1である場合に1時間の通勤時間が何時間の調整済通勤時間になるかを示している． σ はべき乗関数の形状を決定するパラメータである．

(11)式で特定化した $m(k)$ 関数を考慮すると、(10)式の家賃関数は、

$$r^* = C [\delta - \lambda \cdot k^{\sigma} \cdot x]^{\frac{\alpha}{\beta}} \quad (12)$$

となる．

実際の推定にあたっては、(12)式の右辺にさらに変数を加え、 δ を180と置いた上で(12)式の両辺の対数をとった、

$$\log r^* = c + \zeta \cdot \frac{1}{s} + \eta \cdot s + \frac{\alpha}{\beta} \cdot \log [180 - (\gamma \cdot x_W + \lambda \cdot k^{\sigma} \cdot x)] + e \quad (13)$$

$$c \equiv \log C, \quad s \equiv \text{床面積}$$

を用いる．誤差項 e は、期待値がゼロで分散が一定なi.i.d.なランダム変数である．

実際の単位家賃は(12)式の説明変数のほかに多くの変数の影響を受ける．特に床面積に対して単位家賃は、床面積70平米辺りで最も低くなるU字型をしている．これをコントロールするために床面積の変数が入っている⁶⁾． x_w は最寄駅までの徒歩の時間であり、この値は混雑率とは関係がないため、鉄道での所要時間 x とは分離した形で組み入れた⁷⁾．また初期保有時間 δ は、レジャーにまわすことのできる通勤者の自由時間を1日当たり6時間とし⁸⁾、それを半日に割り当てた3時間、つまり180分とした．

4．データの特性

以下では(13)式で特定化した家賃関数を推定しよう．この推定には、JR中央線沿線の個票家賃データを用いる．JR中央線を今回の分析対象路線とした主な理由は、中央線は高尾駅から東京駅まで乗り換えなしに直通で行くことができ、地理的にも都心から郊外へ直線的に延びている路線であり、理論モデルに当てはまるからである．また、中央線沿線の所得水準にばらつきがあまりみられないということも対象路線とした理由のひとつである．データの種類は、単位平米当たりの民営借家賃、サンプルの立地点からJR中央線最寄駅までの徒歩での所要時間、最寄駅から東京駅までの所要時間距離、東京都民の平均所得 Y 、JR中央線の区間ごとの混雑率 k である．以下でそれぞれのデータについて説明する．

第1に家賃のデータとしては、中央線の駅が最寄駅となり、徒歩で最寄駅まで行くことのできる地点に立地している民営の賃貸マンションの家賃を採用した．家賃には管理費も含まれる．使用する家賃のデータはリクルート(1998)を用い、それを床面積で割った単位家賃を分析には使った．サンプル数は722件である．

第2に通勤時間距離 x の値は、JR中央線の快速でラッシュのピーク時の片道所要時間を時刻表より得た．表1の第1列がそのデータであり、各発駅から東京駅までの通勤区間の片道所要時間である．また今回のデータには、サンプルの立地点から最寄駅までの徒歩の時間のデータも存在する．

第3に駅区間混雑率のデータは、運輸政策研究所(1998)より入手した．このデータは、東京駅に通勤の混雑がピークである朝8時30分に到着する場合で測定されたものである．

ここで混雑率のデータを示す前に、2つの「区間」を定義しよう⁹⁾．この鉄道路線には、都心の終着駅までに、最も郊外にある始発駅を含め I 個の駅が存在する(図2参照)．都心の終着駅を0とし、郊外へ向けて都心側から順に1,2,..., I とする．第

i 駅と第 $i-1$ 駅との区間 ($i=1,2,\dots,I$ であり、以下同様) を「第 i 駅区間」と呼ぶ。第 i 駅区間の混雑率 k^i は、

$$k^i = \frac{N^i}{K} \quad (14)$$

で定義される。ただし、第 i 駅区間の車両1両当りの通過人員を N^i 人、その車両の輸送能力(定員数)を K 人とする。

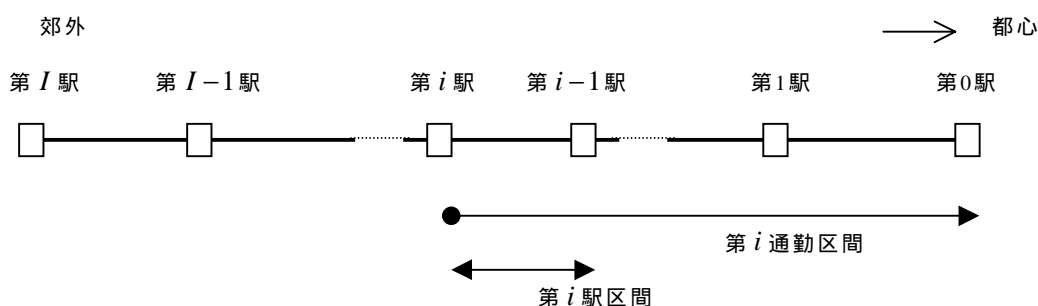


図2 都市と区間

次に第 i 駅から第0駅までの通勤区間を「第 i 通勤区間」と呼ぶ。これは第 i 駅から乗車する通勤者が乗車する駅区間をすべてつなぎ合わせた区間である。第 i 通勤区間の混雑率は、この通勤区間に含まれるすべての駅区間ごとの混雑率の平均の混雑率として定義する。すなわち、

$$k_i = \frac{k^1 + \dots + k^i}{i} \quad i=1,2,\dots,I \quad (15)$$

と表せる¹⁰⁾。

さて、上で定義された混雑率をJR中央線の場合で示したのが表1の第 列と第 列である。第 列は駅区間混雑率であり、(14)式で定義される混雑率である。すなわち東京駅に8時30分に到着するように第 i 駅を出た通勤者が経験する駅区間ごとの混雑率のデータである。第 列は(15)式の定義に基づいて、「発駅」から東京駅までの各駅区間混雑率の平均を求めた通勤区間混雑率である。これにより最寄駅を第 i 駅とする通勤者の通勤区間の混雑率 k_i を得ることができた。

5. 家賃関数の推定

(13)式を非線型最小二乗法で推定した結果は以下の通りである¹¹⁾．括弧内はt値である．

$$\log r^* = 4.301 + 9.128 \cdot \frac{1}{s} + 0.002 \cdot s + 0.700 \cdot \log[180 - 1.152 \cdot x_W - 0.876 \cdot k^{1.279} \cdot x] \quad (16)$$

(3.09) (19.55) (4.60) (2.57) (3.93) (4.31) (4.11)

$\bar{R}^2 = 0.781$

(13)と(16)の比較から明らかなように、 $\frac{\alpha}{\beta} = 0.700$ と推定される¹²⁾．(6)式で与えられ

た効用関数がコブ・ダグラス型であることより、パラメータ β は、所得に占める家賃支出の割合にほかならない．この値は家計調査年報からおよそ21%である¹³⁾．よって $\beta = 0.21$ より $\alpha = 0.147$ が求められる．また疲労乗数関数は、推定の結果、 $m(k) = 0.876 \cdot k^{1.279}$ であり、その形状は図3に示されている．

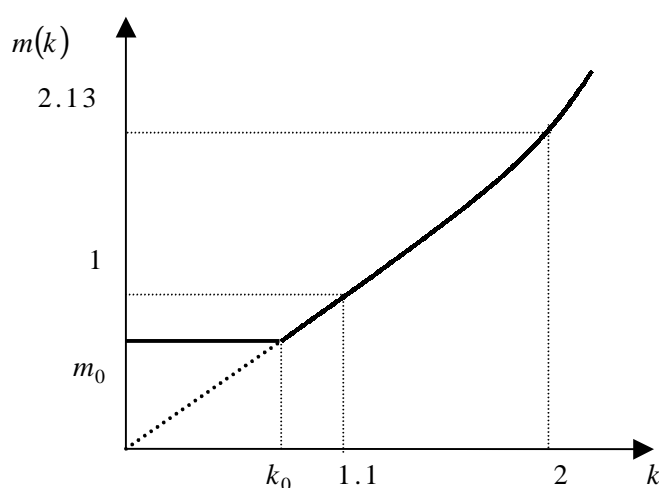


図3 推定された $m(k)$ 関数 (m_0 と k_0 は測定せず)

さて、推定された疲労乗数関数を用いて実際の通勤区間混雑率をもとに疲労乗数を計算したものが、表1の第 列である．そしてこの疲労乗数に第 列の通勤時間をかけたものが、(5)式で定義した調整済通勤時間であり、第 列に示した．この調整済通勤時間から第 列の通勤時間 x を引いたものが、疲労を回復するのに必要な休憩時間であり、これは第 列に示した．

6. 通勤の時間費用と疲労費用はいくらか？

疲労乗数関数と家賃関数が推定により明らかになったので、通勤の時間費用と疲労費用の分析が等価変分概念を用いて分析できる。以下では等価変分によって通勤の総費用を求める。さらにそれを通勤の時間費用と疲労費用に分解する。ここでは家賃の変化が起こらない短期を想定する。

まず通勤の総費用である。通勤時間 x に疲労乗数 $m(k)$ をかけた調整済通勤時間が表1の第 列であった。仮にこの調整済通勤時間がゼロとなる場合を考える。つまり、通勤の時間費用も疲労費用もなくなった場合である。この時、通勤者の効用は上昇する。その上昇分を相殺する所得 Y の上昇分が、通勤の総費用を表す等価変分である。これは、 x 地点における与えられた家賃のもとで、仮に $x=0$ となった場合の効用の上昇分を相殺する所得 Y の減少分である。以下でこの等価変分を式で表す。

仮にある地点からの通勤が不必要になったとすると、その地点の家賃は上昇する。したがって、家賃関数(9)式の x をゼロにしたとき、家賃 $r(x)$ は上昇する。その時所得 Y がどれだけ下がれば家賃がもとどおりになるかを c で表す。式を用いると、

$$r^*(Y, x, k(x), \bar{v}) = r^*(Y - c, 0, k(x), \bar{v}) \quad (17)$$

が成り立つ。左辺は(9)式の右辺である。右辺の c は、 $x=0$ となった場合に x 地点における与えられた家賃のもとで効用の上昇分を相殺する所得 Y の減少分である。これを解くと $c=c(x)$ が得られる。この c の大きさが、通勤の総費用を表す等価変分だと解釈できる。よって通勤の総費用を次のように定義する。

定義 1

地点 x における通勤の総費用とは、通勤時間 x がゼロとなった場合に、この地点における与えられた家賃のもとで効用の上昇分を相殺する所得 Y の変化分、 $c(x)$ のことである。

この定義1に基づいて求めた通勤の総費用が表1の第 列である。

次に通勤の疲労費用を求める。 $m(\tilde{k})=1$ が成り立つ混雑率 \tilde{k} のもとでは、混雑による疲労がなくなる。すなわち第 列の調整済通勤時間は第 列の通勤区間時間に等しくなる¹⁴⁾。混雑率を \tilde{k} にすると、疲労がなくなった結果、 x 地点における与えられた家賃のもとでの効用は上昇する。その上昇分を相殺する所得 Y の変化分を通勤の疲労費用を表す等価変分という。

$m(\tilde{k})=1$ で定義された混雑率 \tilde{k} を(9)式に代入すると、各最寄駅からの通勤者の混雑による疲労がなくなり、家賃が上昇する．その上昇分を相殺する所得 Y の変化分を c_f とすると、

$$r^*(Y, x, k(x), \bar{v}) = r^*(Y - c_f, x, \tilde{k}, \bar{v}) \quad (18)$$

が成り立つ．これを解くと $c_f = c_f(x)$ が得られる．この $c_f(x)$ は通勤の疲労費用を表す等価変分に他ならない．したがって $c_f(x)$ が x 地点における混雑による通勤の疲労費用である．

定義 2

地点 x における通勤の混雑疲労費用は、通勤時の混雑率を、疲労乗数 $m(k)$ を 1 にする混雑率 \tilde{k} に下げた場合にこの地点における与えられた家賃のもとで効用の上昇分を相殺する所得 Y の変化分であり、(18) の解 $c_f(x)$ に等しい．

これを表 1 の第 1 列にまとめた．なお $c_f(x)$ は、疲労を含めた場合と疲労が消えた場合の通勤時間の差を所得ではかったものである．つまり第 1 列で示される疲労回復の休憩時間を所得ではかったものだと解釈することもできる．

第 1 列をみると、混雑疲労費用がピークを示す値の発駅は日野駅である．それより郊外にある駅からの値の方が低い理由は、第 1 列の駅区間混雑率をもとにした疲労乗数の値をみるとわかる．日野駅より郊外の駅では、駅区間混雑率が非常に低いいため、疲労乗数が 1 以下になる．すなわちこの区間では通勤による疲労の回復が行える．よって日野駅より郊外で、通勤のエネルギーをため、混雑の激しい区間に通勤者はのぞむのである．

さて、第 1 列と第 2 列との差を第 3 列に示す．これは定義 1 で定められた通勤の総費用から定義 2 で定められた疲労費用を引いた値であり、純粋な通勤の時間費用である．よって時間費用 c_t を定義すると、

定義 3

地点 x における通勤の時間費用 $c_t(x)$ は、通勤の総費用から疲労費用を引いたもの、すなわち $c(x) - c_f(x)$ で求められる値である．

この値が第 3 列である．また疲労費用が総費用に占める割合を第 4 列に示した．これによると、通勤の疲労費用は総費用のうちの 16% ~ 33% であることがわかる¹⁵⁾．

表 1 等価変分による通勤費用

発駅	着駅	通勤区間 時間 (分) x_i	駅区間 混雑率 k^i ②	駅区間 疲労乗数 $m(k^i)$	通勤区間 混雑率 k_i	通勤区間 疲労乗数 $m(k_i)$	調整済通勤時間 (分) $m(k_i) \cdot x_i$ ⑤×① ⑥	疲労回復 休憩時間 (分) $(m(k_i)-1)x_i$ ⑥-① ⑦	総費用 (円) $c(x_i)$ ⑧	疲労費用 (円) $c_f(x_i)$ ⑨	時間費用 (円) $c_t(x_i)$ -	疲労費用 割合 (%) (/) × 100
中野	新宿	16	1.44	1.397	1.4267	1.381	22.089	6.089	269	44	225	16.36
高円寺	中野	20	1.43	1.384	1.4275	1.382	27.631	7.631	323	61	262	18.89
阿佐ヶ谷	高円寺	22	1.40	1.347	1.422	1.375	30.244	8.244	349	68	281	19.48
荻窪	阿佐ヶ谷	24	1.33	1.262	1.4067	1.356	32.540	8.540	372	73	299	19.62
西荻窪	荻窪	26	1.32	1.249	1.3943	1.341	34.854	8.854	395	77	318	19.49
吉祥寺	西荻窪	29	1.27	1.189	1.3788	1.321	38.323	9.323	431	84	347	19.49
三鷹	吉祥寺	31	1.29	1.213	1.3689	1.309	40.590	9.590	455	89	366	19.56
武蔵境	三鷹	35	1.25	1.165	1.357	1.295	45.318	10.318	507	100	407	19.72
東小金井	武蔵境	38	2.00	2.126	1.4155	1.367	51.934	13.934	581	146	435	25.13
武蔵小金井	東小金井	40	1.93	2.031	1.4583	1.420	56.792	16.792	638	184	454	28.84
国分寺	武蔵小金井	44	1.72	1.753	1.4785	1.445	63.581	19.581	722	228	494	31.58
西国分寺	国分寺	48	1.48	1.446	1.4786	1.445	69.367	21.367	797	261	536	32.75
国立	西国分寺	50	1.39	1.335	1.4764	1.442	72.120	22.120	833	277	556	33.25
立川	国立	54	1.19	1.094	1.455	1.416	76.447	22.447	893	293	600	32.81
日野	立川	58	0.95	0.82	1.4253	1.379	79.971	21.971	944	297	647	31.46
豊田	日野	61	0.81	0.669	1.3911	1.337	81.533	20.533	967	284	683	29.37
八王子	豊田	65	0.63	0.485	1.3511	1.288	83.695	18.695	999	266	733	26.63
西八王子	八王子	70	0.47	0.334	1.307	1.234	86.384	16.384	1040	242	798	23.27
高尾	西八王子	73	0.49	0.352	1.268	1.187	86.660	13.660	1044	204	840	19.54

7. 混雑率増大の限界費用

上では混雑による疲労費用を算出したが、次に混雑率増大による限界費用を算出する。節5で効用関数の各パラメータ、ならびに $m(k)$ 関数が推定されたので、中央線での朝のラッシュ時の通勤の疲労費用を合成財で換算したものを測定できる。疲労費用を合成財で評価したものは、 k の z に対する限界代替率 MRS_F として、

$$MRS_F(h, z, x, k) = \frac{U_k(h, z, x, k)}{U_z(h, z, x, k)} \quad (19)$$

となる¹⁶⁾。ただし、 U_z, U_k は、効用関数 $U(h, z, x, k)$ の z, k に対する限界効用である。すると、合成財の価格は1であることより、上記(19)式の限界代替率は限界的な疲労の費用を円で評価したものとなる。すなわち、(19)式は混雑率1単位（ここでは1%）あたりの費用が円換算されたものである。

さらに本論文では、コブ-ダグラス型の効用関数を用いているため、床面積 h と合成財 z の需要量は所得水準 Y のみの関数となる。すなわち $h = h(Y)$ 、 $z = z(Y)$ と書ける。このことより、(19)式の限界代替率は混雑率 k と時間距離 x のみの関数で表せる。これを疲労費用関数 $f(k, x)$ として、

$$f(k, x) \equiv MRS_F(h(Y), z(Y), x, k) \quad (20)$$

と定義する。なお、 Y は一定なので疲労費用関数 $f(\cdot)$ では変数として扱わない。

さて、(6)式から、 z, k に対する限界効用は、

$$U_z = (1 - \beta) h^\beta z^{-\beta} (\delta - m(k)x)^\alpha \quad (21)$$

$$U_k = -\alpha (\delta - m(k)x)^{\alpha-1} h^\beta z^{1-\beta} m'(k)x \quad (22)$$

となる。ただし、 $m'(k) = dm(k)/dk$ である。これらを使って(20)式を導出すると、

$$f(k, x) = \alpha Y \frac{m'(k)x}{(\delta - m(k)x)} \quad (23)$$

となる。(23)式に(16)式の推定結果で得られたパラメータ群の値を代入することにより、限界疲労費用の具体的な値が得られる。この費用は k と x の関数であり、各最寄駅ごとの値が求められる。それらを表にしたものが表2である¹⁷⁾。疲労費用 $f(k_i, x)$ は、各駅から通勤する通勤者の、混雑率増分1%あたりの費用を金銭換算したものである¹⁸⁾。

表 2 東京駅までの限界疲労費用

発駅	x_i (分)	$f(k_i, x_i)$ (円)
中野	16	180
高円寺	20	240
阿佐ヶ谷	22	260
荻窪	24	290
西荻窪	26	320
吉祥寺	29	370
三鷹	31	400
武蔵境	35	460
東小金井	38	530
武蔵小金井	40	590
国分寺	44	690
西国分寺	48	790
国立	50	840
立川	54	940
日野	58	1040
豊田	61	1110
八王子	65	1200
西八王子	70	1320
高尾	73	1360

8. 通勤の外部不経済効果の測定

上の推定で(20)式の混雑率増大の限界疲労費用が求められた．これを使って通勤の外部不経済効果を測定し、それを金銭換算する．この外部不経済が測定できれば、ラッシュ時の通勤の最適な混雑料金を求められる．最適な混雑料金の測定がこの節の目的である．

まず外部不経済効果を導出する．ここでの外部不経済とは、混雑した列車に通勤者が1人増えることによって、その車両の他の通勤者すべての疲労を増加させることである．よって外部不経済費用は、発生した通過人員全員の疲労費用の増分を総計したものである．

ある駅から追加的な通勤者が1人乗るとする．追加的な通勤者は、自分が乗ることによってその駅区間での混雑率を上昇させ、この混雑率の上昇を通じて他の通勤者の疲労費用を上昇させる．この通勤者が乗り続ける駅区間全ての乗客の疲労費用の上昇を合計したものが追加的な通勤者が及ぼす外部不経済効果の大きさである．

疲労費用関数から、追加的な通勤者が引き起こす外部不経済効果を導出する方法を、駅区間が複数である一般的な場合について付論3に示す．ここでは、全通勤区

間が一駅区間のみである場合について図4を用いて例示しよう．駅区間がひとつであるため、駅区間混雑率と通勤区間混雑率は同じものであるが、説明の便宜上区別しておく、まず、駅区間混雑率を k 、その平均である通勤区間混雑率を $k_1(k)$ 、この区間の通過人数を N 、通勤時間を x であるとする．通勤者の1%当りの疲労費用は、(23)式より関数 $f(k_1(k), x)$ である．

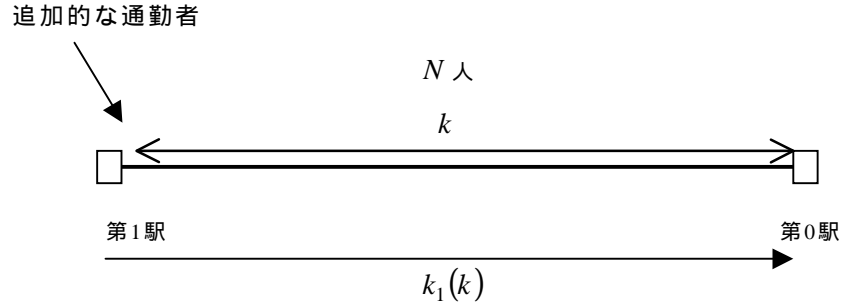


図4 第1駅からの通勤者の外部不経済

一方この駅区間で通過人員が1人増えることによって起きる駅区間混雑率 k の増分は、(14)式より、

$$\frac{dk}{dN} = \frac{1}{K} \quad (24)$$

である．そしてさらにこの駅区間混雑率 k が、通勤区間混雑率 k_1 に与える影響は、

$$\frac{dk_1(k)}{dk} \quad (25)$$

である．

次に、外部不経済の総計の方法である．駅区間での通勤者1人の増加が駅区間混雑率を経て通勤区間混雑率に与える影響は、(24),(25)式を考慮して、

$$\frac{dk_1(k)}{dN} = \frac{dk_1(k)}{dk} \frac{dk}{dN} = \frac{dk_1(k)}{dk} \frac{1}{K} \quad (26)$$

で定められる．第1駅から乗車する通勤者が1人増えた場合、この駅区間には $f(k_1(k), x)$ の疲労費用関数を持つ N 人の通勤者が移動中である．よってこの第1駅からの追加的な通勤者が及ぼす外部不経済効果 E は、(26)式より、

$$E = N \cdot f(k_1(k), x) \cdot \frac{dk_1(k)}{dk} \frac{dk}{dN} \quad (27)$$

と表せる．つまり、追加的な通勤者が1人増えたことによる疲労費用関数 $f(\cdot)$ への影響を人数分たしたのである．

この考え方は、駅区間が複数ある場合にも同様に拡張できる．そして求めた混雑料金が表 3 である．これによると、通勤区間ごとに異なるが、定期料金の 1.11 ~ 4.67 倍ほどの高い料金設定が必要であることがわかる．

表 3 混雑料金

発駅	x_i (分)	定期運賃 (円)	混雑料金 (円)	倍率
中野	16	115	127	1.11
高円寺	20	161	235	1.46
阿佐ヶ谷	22	161	336	2.09
荻窪	24	161	428	2.66
西荻窪	26	207	517	2.5
吉祥寺	29	207	605	2.93
三鷹	31	207	692	3.35
武蔵境	35	247	779	3.16
東小金井	38	247	915	3.71
武蔵小金井	40	247	1045	4.24
国分寺	44	293	1163	3.97
西国分寺	48	293	1268	4.33
国立	50	293	1367	4.67
立川	54	338	1452	4.3
日野	58	378	1521	4.03
豊田	61	378	1580	4.18
八王子	65	424	1626	3.84
西八王子	70	424	1661	3.92
高尾	73	487	1697	3.49

* 運賃は全て片道料金を円に表示してある．定期運賃は6ヶ月定期を片道当りに換算したものである．

* 上記通常運賃と定期運賃は全て1998年12月現在のものである．

山崎・浅田(1999)によれば高尾駅からの料金設定は現行定期運賃の 5 倍であり、また八田(1995)は最低でも 3 倍以上という結論を出している．これら 2 論文は、特定区間で計測した結論であり、本稿のように全区間ごとに求めたものと単純に比較はできないが、本稿の推定でも 1.1 倍 ~ 4.7 倍の幅で動いており、2 論文の結論と整合的である．

9. 結論

本稿では、通勤の疲労を時間に換算し、それを含んだ家賃関数を導出し推定した。それにより通勤の疲労が具体的な混雑率の関数として求められ、混雑による時間費用、疲労費用が等価変分概念を用いて分析でき、混雑の疲労費用が通勤の総費用の16%～33%を占めていることがわかった。

混雑解消の手段である混雑料金設定の議論は理論的には単純である。ところが、実際、混雑の程度は場所と時間によって異なっている。また混雑外部性の利用者は、混雑の外部不経済の被害者であると同時に加害者である。このため実際の混雑料金はそれほど簡単には求められなかった。しかし、本稿の外部不経済の測定方法では、混雑率増大の限界的な費用を限界代替率を使って求め、それを利用して通勤者1人が及ぼす外部不経済を各駅区間ごとに全て求めることができ、最終的に混雑料金を現行定期運賃のほぼ1.1～4.7倍の間に設定する必要があるという結論を得た。もちろん、ここで求めた混雑料金は、混雑率が通勤ラッシュのピーク時のものであるため、料金もピーク時にかけられる料金である。

付論 1：初期保有時間の変化に対するパラメータの値

初期保有時間 δ を160分から210分の間で変化させたときの各パラメータの値を以下にまとめる．初期保有時間 δ を180分近辺で動かしても、推定されるパラメータにほとんど差がないのがわかる．括弧内は t 値である．

δ	c	ζ	η	α/β	γ	λ	σ	\bar{R}^2
160	4.39 (3.23)	0.00185 (4.60)	9.13 (19.55)	0.699671 (2.57)	1.02 (3.93)	0.78 (4.31)	1.28 (4.11)	0.781
165	4.37 (3.19)	0.00185 (4.60)	9.13 (19.55)	0.699778 (2.57)	1.06 (3.93)	0.80 (4.31)	1.28 (4.11)	0.781
170	4.35 (3.16)	0.00185 (4.60)	9.13 (19.55)	0.699971 (2.57)	1.09 (3.93)	0.83 (4.31)	1.28 (4.11)	0.781
175	4.33 (3.13)	0.00185 (4.60)	9.13 (19.55)	0.699686 (2.57)	1.12 (3.93)	0.85 (4.31)	1.28 (4.11)	0.781
180	4.31 (3.09)	0.00185 (4.60)	9.13 (19.55)	0.700001 (2.57)	1.15 (3.93)	0.87 (4.31)	1.28 (4.11)	0.781
185	4.29 (3.07)	0.00185 (4.60)	9.13 (19.55)	0.699775 (2.57)	1.18 (3.93)	0.90 (4.31)	1.28 (4.11)	0.781
190	4.27 (3.04)	0.00185 (4.60)	9.13 (19.55)	0.699779 (2.57)	1.22 (3.93)	0.92 (4.31)	1.28 (4.11)	0.781
195	4.25 (3.01)	0.00185 (4.60)	9.13 (19.55)	0.700002 (2.57)	1.25 (3.93)	0.95 (4.31)	1.28 (4.11)	0.781
200	4.23 (2.98)	0.00185 (4.60)	9.13 (19.55)	0.699962 (2.57)	1.28 (3.93)	0.97 (4.31)	1.28 (4.11)	0.781
205	4.22 (2.96)	0.00185 (4.60)	9.13 (19.55)	0.699631 (2.57)	1.28 (4.11)	1.00 (4.31)	1.28 (4.11)	0.781
210	4.20 (2.93)	0.00185 (4.60)	9.13 (19.55)	0.699751 (2.57)	1.34 (3.93)	1.02 (4.31)	1.28 (4.11)	0.781

付論 2：等価変分による分析方法

定義 1 から定義 3 で定められた各費用の具体的な計算方法を示す．(9)式の家賃関数を推定した式は(16)式である．この(16)式をもとに通勤をなくした場合と疲労をなくした場合のそれぞれを式で示すと、以下の 3 式のように書ける．

$$\log r^* = 4.2 \times 10^{-19} \cdot Y^{\frac{1}{\beta}} + 9.128 \cdot \frac{1}{s} + 0.002 \cdot s + 0.700 \cdot \log[180 - 1.152 \cdot x_w - m(k) \cdot x] \quad (16-a)$$

$$\log r^* = 4.2 \times 10^{-19} \cdot [Y - c]^{\frac{1}{\beta}} + 9.128 \cdot \frac{1}{s} + 0.002 \cdot s + 0.700 \cdot \log[180] \quad (16-b)$$

$$\log r^* = 4.2 \times 10^{-19} \cdot [Y - c_f]^{\frac{1}{\beta}} + 9.128 \cdot \frac{1}{s} + 0.002 \cdot s + 0.700 \cdot \log[180 - 1.152 \cdot x_w - x] \quad (16-c)$$

(16-a)式は(16)式の書き換えであり、(16-b)式は(16-a)式の $x = x_w = 0$ とし、通勤をなくした場合で本文中(17)式に相当する．(16-c)は、疲労乗数 $m(k)$ を 1 とした．これは各最寄駅からの通勤者の混雑による疲労をなくした場合で(18)式にあたる．仮定により家賃が変化しないから、左辺の値は変化しない．よって、(16-a)と(16-b)、

(16-c)との差は総費用 C と疲労費用 c_f によって相殺させる．今、通勤片道当りの所得 Y の値は、注釈16)より9,826円とわかっているため c と c_f の値が計算できる¹⁹⁾．よって、時間費用 c_t も $c - c_f$ を計算することにより得られる．

付論 3：複数の駅区間における外部不経済効果の算出方法

ここでは、理解しやすいように始発駅と終着駅の間に駅が一つしかなく、駅区間が2つの場合を考える(図5)．第2駅区間の混雑率が k^2 、第1駅区間の混雑率が k^1 であるとする．

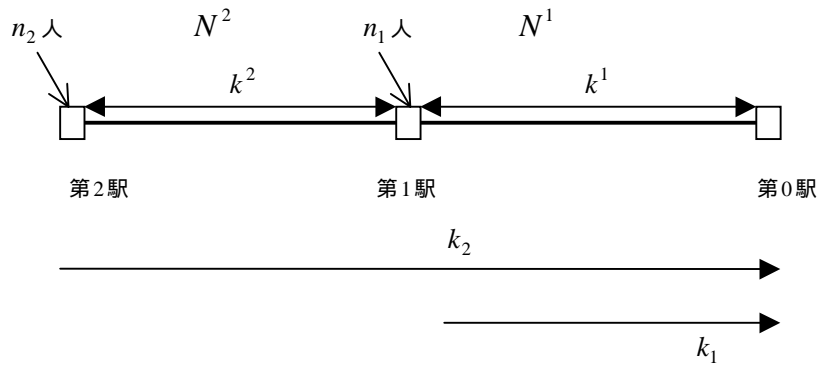


図5 2駅区間の場合

通勤者の1%当りの疲労費用は、(23)式で与えられた関数 $f(k, x)$ であった．

一方、各駅区間で通過人員が1人増えることによって起きる混雑率 k^i の増分は、(14)式より、

$$\frac{dk^i}{dN^i} = \frac{1}{K} \quad i = 1, 2 \quad (28)$$

である．そしてさらにこの駅区間混雑率が、通勤区間混雑率に与える影響は、それぞれ、

$$\frac{\partial k_2(k^1, k^2)}{\partial k^i} \text{ または、 } \frac{dk_1(k^1)}{dk^1} \quad i = 1, 2 \quad (29)$$

である．

次に、外部不経済の総計の方法である．各通勤区間混雑率は(15)式で定義されているため、駅区間での通勤者一人の増加が駅区間混雑率を経て通勤区間混雑率に与える影響は、(28),(29)式を考慮して、それぞれ、

$$\frac{dk_2(k^1, k^2)}{dN^i} = \frac{\partial k_2(k^1, k^2)}{\partial k^i} \frac{dk^i}{dN^i} = \frac{\partial k_2(k^1, k^2)}{\partial k^i} \frac{1}{K} \quad i = 1, 2 \quad (30)$$

$$\frac{dk_1(k^1)}{dN^1} = \frac{dk_1(k^1)}{dk^1} \frac{dk^1}{dN^1} = \frac{dk_1(k^1)}{dk^1} \frac{1}{K} \quad (31)$$

で定められる．

また第 i 駅から乗車した通勤者の数を n_i 、各駅から終着駅までの各通勤区間の所要時間をそれぞれ x_1, x_2 とすると、第 i 駅から乗車した n_i 人の疲労費用関数は、 $f(k_i, x_i)$ ($i=1,2$) である．

さて今仮に第1駅から乗車する通勤者が1人増えた場合(図6)、この追加的な通勤者が外部不経済を及ぼす駅区間は第1駅区間である．この駅区間には $f(k_2(k^1, k^2), x_2)$ という疲労費用関数を持つ n_2 人の通勤者と、 $f(k_1(k^1), x_1)$ の疲労費用関数を持つ n_1 人の通勤者が移動中である．よってこの第1駅からの追加的な通勤者が及ぼす外部不経済効果は、これを E_1 とすると(30),(31)式より、

$$E_1 = n_2 \cdot f(k_2(k^1, k^2), x_2) \cdot \frac{\partial k_2(k^1, k^2)}{\partial k^1} \frac{dk^1}{dN^1} + n_1 \cdot f(k_1(k^1), x_1) \cdot \frac{dk_1(k^1)}{dk^1} \frac{dk^1}{dN^1} \quad (32)$$

と表せる．右辺第1項は、第1駅区間で通過人員が追加的に増えたときに駅区間混雑率を通じて第2駅からの通勤者の疲労費用関数に与える大きさを総計したものである．また同様に右辺第2項は、第1駅区間で通過人員が追加的に増えたときに第1駅からの通勤者の疲労費用関数に与える大きさの総計を表している．つまり

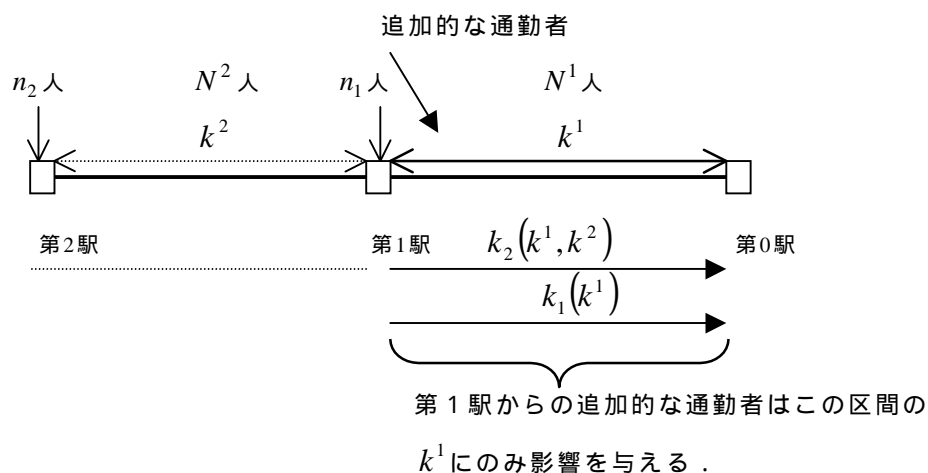


図6 第1駅からの通勤者の外部不経済

E_1 は、第1駅からの通勤者一人が、その車両に乗り込むことによって他の乗客に与えている迷惑の大きさを合計したものである．

次に、第2駅からの通勤者について同様に調べる．第2駅からの通勤者が1人増えたとして(図7)．するとまず、第2駅区間で通勤者が1人増える．この駅区間には、疲労費用関数 $f(k_2, x_2)$ をもつ n_2 人の通勤者が乗車している．よって、この第2駅区間で追加的な通勤者が及ぼす外部不経済効果は、これを E^2 とすると、(30)式より、

$$E^2 = n_2 \cdot f(k_2(k^1, k^2), x_2) \cdot \frac{\partial k_2(k^1, k^2)}{\partial k^2} \frac{dk^2}{dN^2} \quad (33)$$

で表せる．次にこの列車は、第1駅で n_1 人の乗客を乗せる．すると、第2駅から乗ったこの追加的な通勤者は、第1駅区間では第2駅からすでに乗車している $f(k_2, x_2)$ の疲労費用関数を持つ n_2 人の通勤者と、さらに第1駅から乗りこんだ $f(k_1, x_1)$ の疲労費用関数を持つ n_1 人の通勤者にも外部不経済を及ぼすことになる．これらの外部不経済効果を E^1 とすると、(30),(31)式より、

$$E^1 = n_2 \cdot f(k_2(k^1, k^2), x_2) \cdot \frac{\partial k_2(k^1, k^2)}{\partial k^1} \frac{dk^1}{dN^1} + n_1 \cdot f(k_1(k^1), x_1) \cdot \frac{dk_1(k^1)}{dk^1} \frac{dk^1}{dN^1} \quad (34)$$

である．これは(26)式とまったく同じ式である．これは当然のことで、追加的な通勤者の乗車駅に関係なく、第1区間での追加的な乗客の存在のみが迷惑になっているからである．よって、(33)式と(34)式の和が、第2駅からの追加的な通勤者が通勤時に及ぼす外部不経済効果の総和であり、それを E_2 とすれば、

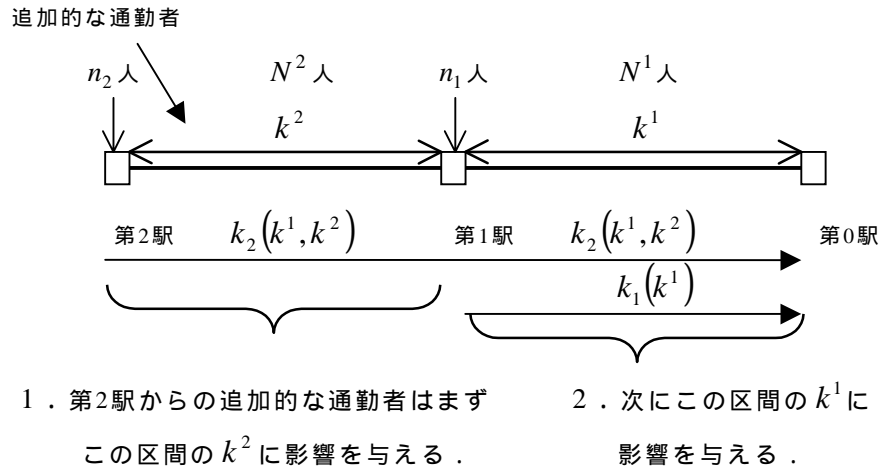


図7 第2駅からの通勤者の外部不経済

$$\begin{aligned}
E_2 &= E^1 + E^2 \\
&= n_2 \cdot f(k_2(k^1, k^2), x_2) \cdot \frac{\partial k_2(k^1, k^2)}{\partial k^1} \frac{dk^1}{dN^1} + n_1 \cdot f(k_1(k^1), x_1) \cdot \frac{dk_1(k^1)}{dk^1} \frac{dk^1}{dN^1} \\
&\quad + n_2 \cdot f(k_2(k^1, k^2), x_2) \cdot \frac{\partial k_2(k^1, k^2)}{\partial k^2} \frac{dk^2}{dN^2}
\end{aligned} \tag{35}$$

となる。

さて、以上で求めた E_1 、 E_2 の値を、限界運営費用をゼロと仮定し、各駅から第0駅までの運賃として設定することにより、「適正な」混雑度を達成する混雑料金水準が得られたことになる。この2駅区間での方法がそのまま I 駅に拡張できる。第 i 駅からの追加的通勤者の外部不経済効果、つまり第 i 駅から第0駅までの混雑料金 E_i は、

$$\begin{aligned}
E_i &= E_{i-1} + \sum_{j=i}^I n_j \cdot f(k_j(k^1, \dots, k^j), x_j) \cdot \frac{\partial k_j(k^1, \dots, k^j)}{\partial k^i} \frac{dk^i}{dN^i}, \\
E_0 &= 0 \quad (i=1, 2, \dots, I)
\end{aligned} \tag{36}$$

である。(36)式に基づき今回のJR中央線の各駅から東京駅までの混雑料金を導出した。

注 釈

- 1) 首都圏白書によると、通勤時の鉄道の混雑率は路線平均189%と高い値を示しており、200%を越えている路線も10路線ほどある。
- 2) 通勤時間 x は片道当たりの時間であるため、以後の効用関数内の各変数は δ に限らず、すべて半日当たりの値である。
- 3) 関数 $m(k)$ は、混雑率 k に対し単調増加関数であるとする。
- 4) これは都市経済学でいうところの付け値関数である。すなわち、ある一定の効用水準 \bar{v} を維持して支払える最大の床面積当りの家賃である。
- 5) この関数形は、家田 他(1989)に基づいた。
- 6) ここでの床面積 s は効用関数中の床面積の需要量である h とは異なったものである。すなわち s はあくまでも推定の際のコントロール変数に過ぎず、理論から導かれた家賃関数に床面積が入っているわけではない。このコントロールの方法は八田・赤井(1996)に詳しい。
- 7) x_W の係数 γ は、労働時間に対する通勤の徒歩の時間の比率を表す。

- 8) 首都圏の通勤者の平日の初期保有時間 δ の値は、ほぼ6時間であるという調査報告がある。[NHK(1995)]
- 9) 今回のように通勤手段が鉄道の場合、混雑率を定義するにあたって特定の区間を定義する必要がある。
- 10) (6)式の効用関数内の $m(k)$ 関数は、(15)式で定義される平均の混雑率の関数である。
- 11) 最寄駅までの徒歩の時間 x_w の係数は1.152と1より大きい。これはすなわち通勤時の徒歩の時間が労働の時間よりつらいということを表している。
- 12) δ の値をここでは外生的に与えているが、この値を180分近くで変化させたとしても(16)式で推定されるパラメータの値に大きな変化はない。また δ を変化させた時のパラメータの値は付論1に示した。
- 13) この値は、東京都での民間借家の一ヶ月当たりの平均家賃92,043円を、民間借家に居住している世帯主の1ヶ月の定期収入432,350円で除したものである（データ：「住宅統計調査報告」総務庁統計局）。
- 14) 図3より疲労乗数 $m(k)$ が1となる混雑率 \tilde{k} は1.1である。
- 15) この節で定義された各費用の具体的な計算方法は付論2に示した。
- 16) 限界代替率を導入するにあたっての効用関数が満たすべき性質、連続性、単調増加性、強い意味の擬凹性、連続2階微分可能性は仮定されているとする。
- 17) ここでの計算に使った半日当りの所得 Y の値は次のように定めた。まず1997年の東京都の勤労者世帯の世帯主ひと月当りの定期収入432,350円を、1月に22日通勤するとして、それを半日当りに換算する。つまり432,350円を44で割った半日当りの世帯平均所得は9,826円である。これを所得 Y の値とした。
- 18) 混雑率 k を%表示した場合、すなわち $100 \cdot k$ としても(23)式の値は変化しない。よって混雑率が%表示でなくとも、(23)式の解釈の際、限界的な混雑率の変化を1%として問題はない。
- 19) 計算の際に、(16-a)~(16-c)式中の床面積 s と最寄駅までの徒歩時間 x_w の値を、今回用いたデータの平均値、 $s = 40 \text{ m}^2$ 、 $x_w = 9 \text{ 分}$ とした。よって各表中の値は、床面積が 40 m^2 で最寄駅までの徒歩時間が9分の場合の値である。

参考文献

- Arnott, R. (1998), " Congestion Tolling and Urban Spatial Structure", *Journal of Regional Science*, 38, pp.495-504.
- Arnott, R., A. de Palma and Lindsey, R. (1990), " Economics of a Bottleneck," *American Economic Review*, 83, pp.161-179.
- , (1993), " A Structural Model of Peak-Period Congestion : A Traffic Bottleneck with Elastic Demand, " *American Economic Review*, 83, pp.161-179.
- Fujita, M. (1989), " Urban Economic Theory, " Cambridge University Press.
- Hatta, T. and Ohkawara, T. (1994), " Housing and the Journey to Work in the Tokyo Metropolitan Area, " in Yukio Noguchi and James M. Poterba ed. *Housing Markets in the United States and Japan*, University of Chicago Press, pp.87-131.
- Kanemoto, Y. (1980), "Theories of Urban Externalities", Amsterdam: North-Holland.
- 家田仁、赤松隆、高木淳、畠中秀人, (1988), 「利用者均衡配分法による通勤列車運行計画の利用者便益評価」, 土木計画学研究・論文集6.
- 家田仁、志田州弘、古川敦、赤松隆, (1989), 「通勤鉄道利用者の不効用関数パラメータの移転性に関する研究」, 土木計画学研究・論文集12.
- 八田達夫 (1995), 「東京の過密通勤対策」, 八田達夫、八代尚弘編『東京問題の経済学』第2章, 東京大学出版会.
- 八田達夫・赤井伸郎 (1996), 「借地借家法は、賃貸住宅供給を抑制していないのか?」『住宅問題研究』
- 八田達夫 (1998), 「借地借家法の効果に関する森本分析の問題点」, 『住宅』
- 福地崇生 (1976), 「東京の郊外人口分布と通勤問題」, 『季刊理論経済学』, 27巻
- 山崎福寿・浅田義久 (1999), 「鉄道の混雑から発生する社会的費用の計測と最適運賃について」, 『住宅土地経済』, VOL.34. 近刊
- 株式会社リクルート (1998), 『ふぉれんと』
- 運輸政策研究所ホームページ <http://www.jterc.or.jp/>
- NHK国民生活時間調査 『日本人の生活時間・1995』, NHK出版
- 弘済出版社 『東京時刻表』 1999年4月号